

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ  
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПО УДАРНОМУ ОБЪЁМУ КРОВИ СЕРДЦА,  
ЭНЕРГОЗАТРАТ, КПД, РАСХОДА КИСЛОРОДА,  
ПРИ СОВЕРШЕНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ»**

**Евтухова Л.А. \*, Игнатенко В.А.\*\***

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины»\*,  
УО «Гомельский государственный медицинский университет»\*\*,  
Республика Беларусь*

Интеграционный образовательный процесс и уровень развития современного производства требует значительного повышения качества обучения в высшей школе. Представляется актуальной проблема

активизации учебного процесса, через самостоятельную учебную работу студентов (СУРС), т.е. форму обучения и вид учебного труда, осуществляемого без непосредственного вмешательства преподавателя и вовлекающего студентов в самостоятельную познавательную деятельность, с разработкой метода ее реализации. В системе биофизических знаний основным направлением решения этой проблемы является выполнение самостоятельной исследовательской (лабораторной) работы. Деятельность студента в СУРС предполагает конструктивную и творческую работу. При этом тексты лекций, материалы учебников, учебных пособий, статей, различных справочников, монографий – это базовые элементы для конструирования самостоятельной исследовательской работы. Мотивацией данной работы является полезность и результативность, приводящая к дифференциации индивидуальных знаний, их обновлению и усложнению, профессиональному развитию специалиста и его самостоятельности.

Рассмотрим на примере как можно реализовываться СУРС

Например, имеются знания, что в настоящее время не вызывает сомнения применение закона сохранения энергии к биологическим объектам. Калориметрические методы позволяют регистрировать все изменения количества теплоты и совершаемую работу, а также позволяет оценить дыхательный коэффициент  $\delta$ , который указывают какие питательные вещества преимущественно окисляются при энергозатратах.

$$\delta = \frac{[CO_2]}{[O_2]}, \text{ где } [CO_2] - \text{количество выделившегося углекислого}$$

газа;  $[O_2]$  – количество поглощенного кислорода. Каждому  $\delta$  соответствует свой энергетический эквивалент  $Q^0$  – количества энергии, которое выделяется при поглощении 1л  $O_2$ . Установлено, что между объёмом потреблённого биологической системой кислорода и энергозатратами существует линейная зависимость, при этом значение дыхательного коэффициентов  $\delta$  и энергетических эквивалентов  $Q^0$  при окислении различных питательных веществ имеют следующие значения для: углеводы  $\delta=1.0$ , а  $Q^0=21.0$  кДж/л; белки  $\delta=0.80$ , а  $Q^0=18.8$  кДж/л; жиры  $\delta=0.71$ , а  $Q^0=19.6$  кДж/л.

Значение теплот, выделяемых при полном окислении углеводов и жиров до  $CO_2$  и  $H_2O$ , а также окисление белков до мочевины, имеет важное значение для расчета калорического эквивалента  $Q^0$  пищевых продуктов. Калорический эквивалент представляет количество выделившейся теплоты, отнесенной к единице массы вещества: для жиров  $Q^0=39000$  кДж/кг (9,3 ккал/г), для углеводов – 17000 кДж/кг (4,1 ккал/г) и для белков 17000 кДж/кг (4,1 ккал/г). Измерение теплопродукции позволяют с высокой точностью оценить энергетический ба-

ланс для человека при потреблении: белка – 0,0588 кг, углеводов – 0,0799 кг, жиров – 0,140кг, которая состоит из: выделенной теплоты – 5743 кДж, испарения через кожу – 949 кДж, испарения через дыхание – 757 кДж,

выделения газа – 180 кДж, мочи и кала – 96 кДж, поправки – 46 кДж. Всего – 7771 кДж (за сутки). Для оценки энергозатрат организма при выполнении механической работы важным является определение затраченного объема кислорода. Известно, что гемоглобин артериальной крови насыщен кислородом приблизительно на 96%. При этом  $pO_2$  в интерстициальной жидкости, окружающей капилляры различных тканей (кроме легких), точно измерить нельзя, однако в мышцах во время покоя оно, по-видимому, составляет около 35 мм рт. ст.;  $pCO_2$  должно составлять приблизительно 50 мм рт. ст. Следовательно,  $O_2$  диффундирует из эритроцитов через плазму в интерстициальную жидкость, а затем в клетки ткани, в то же время  $CO_2$  диффундирует в обратном направлении. Несмотря на быстрое прохождение крови через капилляры, успевает установиться почти полное газовое равновесие, так что возвращающаяся от тканей во время покоя венозная кровь обычно имеет  $pCO_2$ , равное 46 мм рт. ст., а  $pO_2$  в ней равно приблизительно 40 мм рт. ст. Поскольку коэффициент диффузии  $CO_2$  в 30 раз больше, чем коэффициент диффузии  $O_2$ , нет необходимости в том, чтобы градиент парциального давления для  $CO_2$  был бы столь же высок, как для  $O_2$ . В рассматриваемых условиях венозный гемоглобин насыщен  $O_2$  приблизительно на 64%. Уменьшение степени насыщения на 32% соответствует количеству  $O_2$ , доставленному тканям. Принимая, что 100 мл крови содержат 15 г НЬ (12-15 г для женщин и 13-16г для мужчин) и что каждый грамм НЬ может связать 1,34 мл  $O_2$ , находим, что  $0,32 \cdot 1,34 \cdot 15 = 6,4$  мл  $O_2$  доставляется тканям каждые 100 мл крови, протекающими через капилляры. При нагрузке, когда  $pO_2$  в тканях падает, а  $pCO_2$  увеличивается, механизм доставки  $O_2$  становится более эффективным. Рассмотренный молекулярный механизм, а также ускорение тока крови через работающую мышцу обеспечивают при нагрузке доставку большего количества  $O_2$ . Энергозатраты при выполнении механической работы человеком в зависимости от пола можно определить по количеству кислорода затраченного на эту работу. Для этого необходимо знать ударный объем сердца в период до совершения работы  $V_0$  и частоту сокращений сердца в минуту  $f_0$ , а также ударный объем сердца сразу после совершения работы  $V_1$  и частоту сокращений сердца в минуту  $f_1$  и время, в течение которого совершалась работа  $t_1$  в секундах. Коэффициент полезного действия человека ( $\eta$ ) при совершении работы определим по формуле  $(\eta) = A/Q$ , где  $A$  – работа, которую совершил человек при подъеме по лестнице.  $A_p = m \cdot g \cdot n \cdot h$ , где  $m$  – масса человека,  $g$  – ускорение свободного падения,

n-число ступеней, h-высота одной ступени. Суммарные энергозатраты при совершении работы Q определим по формуле  $Q = K \cdot 19,684 \cdot (V_1 f_1 - 0,6 V_0 f_0) 0,064 / 60000$  кДж, где:  $V_0$  – ударный объем сердца в период до совершения работы и  $f_0$  – частота сокращения сердца в минуту, а также  $V_1$  – ударный объем сердца сразу после совершения работы и  $f_1$  – частота сокращения сердца в минуту, а  $t$  – время в секундах, в течение которого совершалась работа. Коэффициент K связан с возникновением кислородной задолженности при выполнении интенсивной работы и в нашем случае равен 5.  $V_0$  и  $V_1$  – ударные объемы сердца, которые рассчитывают по модернизированной формуле Старра.  $V_0$  или  $V_1 = (90,97 + 0,54 \cdot P_{\text{пд}} - 0,57 \cdot P_{\text{д}} - 0,61 \cdot B) \cdot 1,54$  (мл), где:  $P_{\text{пд}}$  – пульсовое давление ( $P_{\text{пд}} = P_{\text{с}} - P_{\text{д}}$ ),  $P_{\text{с}}$  – систолическое и  $P_{\text{д}}$  – диастолическое давления, определяемые по методу Короткова, B – возраст человека в годах. Кислородная задолженность при выполнении интенсивной работы определяется кислородом, потребляемым после совершения работы для превращения молочной кислоты в гликоген и восстановления нормальной концентрации креатинфосфата.

На примере представленной информации рассмотрим последовательность действия студента при выполнении СУРС.

Студент должен:

- сформулировать цель работы: На основании параметров функционирования сердечно-сосудистой системы ( $V_{\text{ул}}$ ,  $P_{\text{пд}} = P_{\text{с}} - P_{\text{д}}$ , МОК, f) при различных состояниях – в покое и после выполнения физической работы, определить количество энергии затрачиваемое организмом на выполнение физической работы и расход кислорода, найти КПД при выполнении механической работы;

- определиться с измеряемой величиной: Определить у испытуемого возраст (B) и массу (m) тела, а также расстояние на лестничной клетке между этажами ( $H = nh$ ), где H расстояние между этажами, n – число ступенек между этажами, h – высота ступеньки,  $P_{\text{пд}}$  – пульсовое давление ( $P_{\text{пд}} = P_{\text{с}} - P_{\text{д}}$ ),  $P_{\text{с}}$  – систолическое и  $P_{\text{д}}$  – диастолическое давления, определяемые по методу Короткова, f – частоту сокращения сердца в минуту. Данные занести в разработанную таблицу;

- определиться с используемым оборудованием и материалами: лестница, тонометр, секундомер, весы. Использовать тонометр для измерения давления: научиться производить измерение систолического и диастолического давления самому себе;

- определить последовательность подготовки приборов к измерению: Основываясь на инструкциях по работе на используемых приборах составить последовательность подготовки приборов к измерению;

- разработать алгоритм проведения измерений;

– составить ход работы: Измерить у испытуемого в состоянии относительного покоя (в состоянии сидя без совершения каких-либо движений) артериальное давление  $P_c$  – систолическое,  $P_d$  – диастолическое, частоту пульса  $f$ . Данные занести в таблицу. – Испытуемому совершить работу путем подъема на один этаж по лестнице в спокойном состоянии, измеряя время  $t$  подъема. Сразу по окончании подъема измерить артериальное давление,  $P_c$ ,  $P_d$ ,  $f$ . Данные занести в таблицу. – Отдохнуть 5 минут, и после отдыха измерить артериальное давление,  $P_c$ ,  $P_d$ ,  $f$ . Данные занести в таблицу. – Испытуемому совершить работу путем подъема на один этаж по лестнице со скоростью примерно в 2 раза больше чем в спокойном состоянии, измеряя время  $t$  подъема. Сразу по окончании подъема измерить артериальное давление,  $P_c$ ,  $P_d$ ,  $f$ . Данные занести в таблицу. – Отдохнуть 5 минут, и после отдыха измерить артериальное давление,  $P_c$ ,  $P_d$ ,  $f$ . Данные занести в таблицу. – Испытуемому совершить работу путем подъема на один этаж по лестнице бегом, измеряя время  $t$  подъема. Сразу по окончании подъема измерить артериальное давление,  $P_c$ ,  $P_d$ ,  $f$ . Данные занести в таблицу;

– полученные результаты обрабатываются, делаются выводы и защищаются с оценкой преподавателя: По полученным результатам, определить по формулам энергетические затраты при совершении работы по подъему на один этаж. Определить коэффициент полезного действия организма при совершении работы. Результаты представить в таблицу. Сделать вывод.

Из представленного материала видно, что данная работа по СУРС должна выполняться в аудиториях учебного заведения с пассивным контролем преподавателя и обслуживающего персонала.